

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-350487

(43)Date of publication of application : 21.12.2001

(51)Int.Cl.

G10K 15/12

G10H 1/00

(21)Application number : 2000-167155

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 05.06.2000

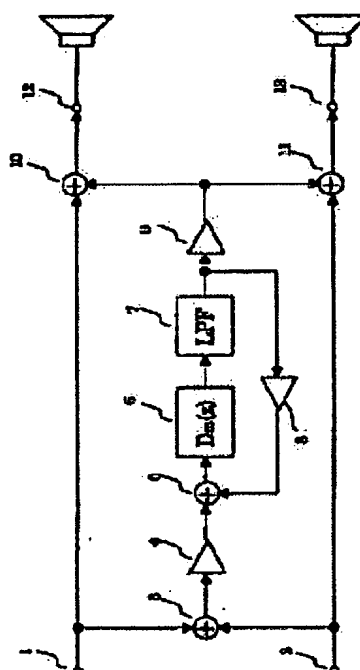
(72)Inventor : FUJINAMI YOSHIHISA

## (54) METHOD AND DEVICE FOR GENERATING REVERBERATING SOUND SIGNAL AND REVERBERATING SOUND SIGNAL ADDING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a reverberating sound generator which generates reverberating sound having a long delay time and a high reflected sound density by employing a hardware constitution with a small amount of memory capacity.

**SOLUTION:** The generator is provided with a delaying section (6) in which plural all pass filters, that have a prescribed phase delay amount for higher frequencies and for less than middle frequencies, are cascade connected, a signal obtaining means (8) which obtains a prescribed amount of the signals of the section (6) and an adding means (5) which adds the obtained signals and supplied acoustic signals. In the generator, the added signals are again supplied to the all pass filter means to conduct a go around all pass filtering process to realize reverberating sound.





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電気音響信号が供給され、その信号を所定の反射面を有する空間に音波に変換して放射したときに生じる残響音に対応する、電気的な残響音信号を生成する残響音信号生成方法において、

前記電気音響信号を一方の入来信号とし、その一方の入来信号と他方の入来信号とを加算して加算信号を得る第 1 のステップと、

その第 1 のステップで得られた加算信号が供給され、その加算信号を縦続接続された複数のオールパスフィルタにより構成される遅延フィルタによりフィルタリング処理を行なう第 2 のステップと、

その第 2 のステップで得られるフィルタリング処理された信号の一部を前記残響音信号として出力するとともに、その第 2 のステップで得られる信号の他の一部を所定の増幅度で増幅し、その増幅して得られる信号を前記第 1 のステップにおける他方の入来信号として供給する第 3 のステップと、  
よりなることを特徴とする残響音信号生成方法。

【請求項 2】電気音響信号が供給され、その信号を所定の反射面を有する空間に音波に変換して放射したときに生じる残響音に対応する、電気的な残響音信号を生成する残響音信号生成装置において、

前記電気音響信号を一方の入来信号とし、この一方の入来信号と他方の入来信号とを加算して加算信号を得る信号加算手段と、

その信号加算手段より供給される信号を縦続接続された複数のオールパスフィルタにより構成されてフィルタリング処理を行なう遅延フィルタ処理手段と、

その遅延フィルタ処理手段より得られる信号の一部を所定の利得で増幅し、その増幅して得られた信号を前記信号加算手段における前記他方の入来信号として供給する増幅手段と、  
を具備したことを特徴とする残響音信号生成装置。

【請求項 3】電気音響信号が供給され、その信号を所定の反射面を有する空間に音波に変換して放射したときに生じる残響音に対応する電気的な残響音信号を生成するとともに、その生成された残響音信号を前記供給された電気音響信号に付加することにより残響音付加信号を生成する残響音信号付加装置において、

前記電気音響信号を一方の入来信号とし、その一方の入来信号と他方の入来信号とを加算して加算信号を得る信号加算手段と、

その信号加算手段より供給される信号を縦続接続された複数のオールパスフィルタより構成されてフィルタリング処理を行なう遅延フィルタ処理手段と、

その遅延フィルタ処理手段より得られる信号の一部を所定の利得で増幅し、その増幅して得られた信号を前記信号加算手段における前記他方の入来信号として供給する増幅手段と、

前記遅延フィルタ処理手段より得られる信号の他の一部を、前記供給された電気音響信号に付加して残響音付加信号を得る信号付加手段と、  
よりなることを特徴とする残響音付加信号生成装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響信号処理技術に関し、スピーカやヘッドホンによる再生音場において、簡易な処理によって低音成分の遅延を作りだし、聴取者にホール音場等の残響感を与える信号を生成する残響音信号生成方法、残響音信号生成装置、及び残響音信号付加装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】CD (Compact Disc) 等に記録する音響信号の音源は、通常、比較的デッドな環境で収録、編集、制作されており、そのようにして制作された音響信号にはコンサートホール等で聞くことのできるような反射音、残響音が含まれていない。

【0003】その、反射音、残響音が多く含まれる音源の収録方法として、例えば音響信号をコンサート会場で、ダミーヘッド（人工頭）を用い、ダミーヘッドの耳部にマイクロフォンを挿入して収録する方法があり、過去に行われた。

【0004】そのダミーヘッドを用いる収録方法によればコンサート会場の雰囲気は良く収録されるものの、演奏される個々の楽器の音質、音色に透明感が少なく、また個々の音源の音量の調整を個別に行なうことが困難であるなどにより、近年の音楽の収録は楽器ごとにマイクロフォンを多数使用して収録し、その収録した楽器の信号をミキサーによりミキシングして音楽信号としての制作を行う、いわゆるマルチマイクロフォンを用いる収録方法が主流となっている。

【0005】この場合、個々のマイクロフォンにより収録された音楽には残響音成分は含まれていなく、通常は、ミキシングされた音楽信号に対してエコーマシンの用いて残響音の付加を行うような方法が用いられている。

【0006】このようにして制作される音楽信号の聴取は、聴取者の前面に配置される左右 2 個のスピーカによる再生を前提として制作されるものであり、従って視聴者の前面のスピーカより放射される音響信号に付加される残響音信号は、いわゆるホールで、ダミーヘッドを用いて収録したときの残響音とは異なっているのが通常である。

【0007】そこで、このようにして制作された音響（音楽）信号を、あたかもコンサートホールで聴取するような、コンサート会場の音響特性を再現するため、ホールの反射音、残響音をシミュレートした音響信号を付加して再生するためのデジタルアコースティックプロセッサ（DAP）が聴取者により用いられるようになって

てきている。

【0008】このデジタルアコースチックプロセッサによる音響信号の処理は、主として残響音を付加するリバーブ(reverberant filter)と呼ばれる残響音生成フィルタが用いられており、その残響音生成フィルタにより生成された残響音信号を付加したオーディオ信号を生成して試聴するようにするが、次にその残響音生成フィルタの信号処理について述べる。

【0009】図12に、残響音生成フィルタの基本的な信号処理の構成を示す。この残響音生成フィルタは、遅延メモリとフィードバックループによって構成されており、この構成により生成されるリバーブ信号の伝達関数  $H(z)$  は図13に式(1)として示した通りである。

【0010】ここで、 $g$ は帰還増幅器の利得であり、 $m$ はこの残響音生成フィルタが有する極の数であり、通常のリバーブ信号は多くの極を有する残響音生成フィルタが用いられている。

【0011】図14に、例えば極が8個であるときのZ平面を示す。即ち、同図に示される極の特性は、残響音生成フィルタが有する信号の特性を実数軸(re)と虚数軸(im)平面を用い、Z平面における8個の極の特性を実数、虚数軸平面に投影して示したものであり、それらのM個の極は前述の図13に掲載する式(2)で表される値をとるものである。

【0012】この図に示す極は、 $m=8$ の場合であり、 $k$ はそれぞれの極に対して0~7の数字によりそれぞれの極の位置を示している。

【0013】従って、残響音生成フィルタの周波数応答特性は図15に示すように、それらの極付近の周波数において振幅値が高く、いわゆるピークをもつ特性となり、このように振幅値がピークとディップを繰り返す、いわゆる櫛形(comb)フィルタ特性となるものである。

【0014】ここで、前述の式(1)で示される伝達関数を逆Z変換したものが前述の図13に掲載した式

(3)であり、この残響音生成フィルタのインパルス応答特性は、図16に示すような、 $m$ 個のサンプリングポイント(標本化点、標本化時間位置)ごとに等時間間隔で並ぶインパルス信号列となる。

【0015】さて、このように前述の図15に示したような等周波数間隔で生じる周波数応答特性の残響音や、図16に示すように等時間間隔のインパルス信号特性である周期的な特性を有する反射音は、聴感上、機械的に生成された残響音信号と比喩されるような不自然な音として感じられ、このような特性の残響音は音楽信号に付される残響音信号として不適当であるといえる。

【0016】そこで、インパルス特性の時間間隔や、周波数応答特性のピーク周波数、ディップ周波数の間隔が互いに調和関係にない、いわゆる素である遅延特性を有する複数の残響音生成フィルタを並列接続することにより、生成される残響音の不自然さを取り除く方法が一般

に用いられる。

【0017】図17は、Shroeder氏によって提案された、4つの遅延メモリを並列接続する構成の自然な残響音信号を生成する残響音生成装置の構成であり、お互いに簡単な整数比の関係にない、素の関係にある $m_1 \sim m_4$ のサンプリングポイントの特性を有する残響音生成フィルタを並列接続した構成とされており、一般にこのような構成の残響音生成装置が用いられる。

【0018】図18は、このように並列接続された残響音生成装置により生成された残響音の特性をインパルス応答で示した例であり、パルス列が不規則に並んでいることから、自然に近い形の残響音が付加されていることがわかる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構成の、残響音フィルタを多数個、並列に接続する構成の残響音生成装置をデジタル回路で構成しようとするとき、そのデジタル回路は供給される音響信号を遅延させるために、多くのメモリ素子を必要とすることとなる。

【0020】すなわち、所定の標本化周波数で標本化されたデジタルオーディオ信号に対して、例えば平均500サンプルの遅延時間を有する残響音フィルタを4段並列接続するときは、1サンプルを16ビットの標本値、すなわち1ワード(2バイト)で表現するとき、合計で2000ワード(4000バイト)のメモリ領域が必要となる。

【0021】そして、残響音フィルタを単に並列接続しただけでは、残響音の不自然さを完全に除去することはできなく、並列接続の数を増やし、より自然な残響音を得るようにするが、更に必要とする遅延回路のメモリ量は多くなるので、これらの残響音フィルタを、例えばDSP(Digital signal processor)を用いて実現しようとするときは、メモリ容量の大きなDSPは高価であるなど、経済的な残響音付加装置を実現するためには問題がある。

【0022】本発明は、このような背景をもとになされるもので、メモリ容量の少ないハードウェア構成で、遅延時間が長く、かつ反射音密度の高い残響音を生成する残響音生成方法、残響音生成装置、及びその残響音生成装置により生成した残響音を供給される音響信号に付加することにより残響音付加信号を生成する残響音付加装置を提供するものである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために以下の1)~3)の手段より成るものである。すなわち、

【0024】1) 電気音響信号が供給され、その信号を所定の反射面を有する空間に音波に変換して放射したときに生じる残響音に対応する、電気的な残響音信号を

生成する残響音信号生成方法において、前記電気音響信号を一方の入来信号とし、その一方の入来信号と他方の入来信号とを加算して加算信号を得る第1のステップ

(5)と、その第1のステップで得られた加算信号が供給され、その加算信号を縦続接続された複数のオールパスフィルタにより構成される遅延フィルタによりフィルタリング処理を行なう第2のステップ(6)と、その第2のステップで得られるフィルタリング処理された信号の一部を前記残響音信号として出力するとともに、その第2のステップで得られる信号の他の一部を所定の増幅度で増幅し、その増幅して得られる信号を前記第1のステップにおける他方の入来信号として供給する第3のステップ(8)と、よりなることを特徴とする残響音信号生成方法。

【0025】2) 電気音響信号が供給され、その信号を所定の反射面を有する空間に音波に変換して放射したときに生じる残響音に対応する、電気的な残響音信号を生成する残響音信号生成装置において、前記電気音響信号を一方の入来信号とし、この一方の入来信号と他方の入来信号とを加算して加算信号を得る信号加算手段

(5)と、その信号加算手段より供給される信号を縦続接続された複数のオールパスフィルタにより構成されてフィルタリング処理を行なう遅延フィルタ処理手段

(6)と、その遅延フィルタ処理手段より得られる信号の一部を所定の利得で増幅し、その増幅して得られた信号を前記信号加算手段における前記他方の入来信号として供給する増幅手段(8)と、を具備したことを特徴とする残響音信号生成装置。

【0026】3) 電気音響信号が供給され、その信号を所定の反射面を有する空間に音波に変換して放射したときに生じる残響音に対応する電気的な残響音信号を生成するとともに、その生成された残響音信号を前記供給された電気音響信号に付加することにより残響音付加信号を生成する残響音信号付加装置において、前記電気音響信号を一方の入来信号とし、その一方の入来信号と他方の入来信号とを加算して加算信号を得る信号加算手段(5)と、その信号加算手段より供給される信号を縦続接続された複数のオールパスフィルタより構成されてフィルタリング処理を行なう遅延フィルタ処理手段(6)と、その遅延フィルタ処理手段より得られる信号の一部を所定の利得で増幅し、その増幅して得られた信号を前記信号加算手段における前記他方の入来信号として供給する増幅手段(8)と、前記遅延フィルタ処理手段より得られる信号の他の一部を、前記供給された電気音響信号に付加して残響音付加信号を得る信号付加手段(10、11)と、よりなることを特徴とする残響音付加信号生成装置。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の残響音信号生成方法、残響音信号生成装置、及び残響音信号付加装置の実

施の形態につき、好ましい実施例により説明する。図1は、その実施例に関わる残響音信号付加装置の概略構成図であり、以下その図を参照して説明する。

【0028】同図に示す残響音信号付加装置は、2チャンネルステレオ音響信号を入力する入力端子1、及び2と、所定の利得を有する増幅器4、8、及び9と、供給される2つの信号を加算した加算信号を供給する加算器3、5、10、及び11と、後述する遅延部6(D・(z))と、低域通過フィルタ7(LPF)と、そして残響音の付加された信号を出力する出力端子12、及び13とより構成される。

【0029】このように構成される残響音信号付加装置の概略の動作について説明する。まず、入力端子1、2に左チャンネル、及び右チャンネルの音響信号を供給する。これらの信号の一部はそれぞれ加算器10及び11に供給されるが、供給された信号の他の一部はそれぞれ加算器3に供給され、加算器3はこれらの供給された2チャンネルステレオ信号を加算合成したモノラル信号を生成し増幅器4に供給する。

【0030】この増幅器4は-6dBの利得を有し、増幅(減衰)された信号は加算器5に供給される一方の入力信号として、また加算器5に供給される他方の入力信号としては増幅器8の出力信号が供給され、これらの供給された2つの入力信号は加算され、加算された信号は遅延部6に供給される。

【0031】遅延部6は多数のオールパスフィルタが縦続接続される遅延回路で、それらのオールパスフィルタによりオールパスフィルタ処理がなされ、オールパスフィルタ処理のなされた信号は低域通過フィルタ7に供給され、ここで低域通過処理された信号の一部は前述の増幅器8に供給されるとともに、他の一部は増幅器9に供給されて増幅され、加算器10、及び11のそれぞれが一方の加算用入力信号とされる。

【0032】ところで、低域通過フィルタ7より供給された信号の一部は前述の増幅器8で増幅され、増幅された信号は加算器5を介して再び遅延部6に供給されて、再度オールパスフィルタ処理されて、低域通過フィルタ7に供給され、ここで低域通過処理のなされた信号の一部は再び増幅器8で増幅され、加算器5を介して遅延部6に供給されるように巡回的な信号処理がなされており、この様に巡回して処理される信号は残響音信号が有する信号と同様な信号の特性を有するものである。

【0033】このようにして生成された残響音信号の特性を有する信号は増幅器9に供給されて増幅され、増幅された信号の一部は前述の加算器10の他方の入力信号とされ、また増幅器9により増幅された他の一部の信号は前述の加算器11の他方の入力信号として供給され、これらの加算器10及び11からは残響音信号の加算合成された左チャンネル、及び右チャンネルの音響信号が出力端子12、及び13に供給される。

【0034】次に、オールパスフィルタを多段に縦続接続して構成される遅延部6について詳述する。すなわち、ここに用いられている遅延部6は、供給されるデジタルオーディオ信号を遅延時間分メモリ回路に一時記憶し、その一時記憶した信号を読み出すような単純なメモリ回路による構成ではなく、中音域以下の周波数で位相遅延した信号を得るオールパスフィルタを多段縦続に接続したオールパスフィルタ回路群を用いることにより残響音を生成するように構成している。

【0035】そのオールパスフィルタは、振幅特性は保存したまま、位相特性を変化させる回路であり、更に詳述する。図2に、一次オールパスフィルタのブロック図を示す。この一次オールパスフィルタは、2つの供給される信号を加算合成した信号を供給する加算回路(+)を2個と、信号を所定の単位時間遅延させる単位遅延素子と、利得が $\lambda$ である増幅器、及び利得が $\lambda$ である反転型増幅器( $-\lambda$ )より構成される。

【0036】このオールパスフィルタ回路の動作は、供給される信号を加算回路の第1の入力信号とし、第2の入力信号は後述の増幅器( $\lambda$ )の出力信号を供給し、これらの入力信号を加算して得られる信号の一方を単位遅延素子に供給し、その単位遅延素子の出力信号の一方は前述の増幅器( $\lambda$ )に供給して利得が $\lambda$ である増幅を行なった信号を前述の加算回路に供給するようにして信号を巡回処理するとともに、前述の加算して得られた他方の信号を利得 $\lambda$ で反転増幅した信号( $-\lambda$ )と単位遅延素子の出力信号の他方を加算した信号を出力するような構成となっている。

【0037】このように構成される一次オールパスフィルタの伝達関数 $D_1(z)$ を式(4)として図3に掲載する。ここに示す $\lambda$ はワーピングパラメータと呼ばれるパラメータであり、この $\lambda$ の値に応じてオールパスフィルタの位相特性を変えることができる。

【0038】図4に、その $\lambda$ の値をパラメータとする一次オールパスフィルタの位相特性を示す。図5に、このオールパスフィルタの位相特性から求めた位相遅延特性を示す。同図からわかるように、 $\lambda$ を変えることによって低域周波数成分の遅延時間を連続的に変えることができる。

【0039】この様に構成される一次オールパスフィルタを多段に縦続接続して更に大きな遅延時間を得る。図6は、前述の図2に示した1次オールパスフィルタをN段縦続に接続して構成されるオールパスフィルタ群の構成である。このように多段接続してなるオールパスフィルタ群の伝達関数を式(5)として前述の図3に示してある。

【0040】図7に、このオールパスフィルタ群を用いてなる残響音生成部の構成を示す。同図に示す残響音生成部は、図12に示した従来の残響音生成部における遅延部( $Z^{-1}$ )をオールパスフィルタ群、すなわちm次オ

ールパスフィルタ $D_m(z)$ に置き換えた構成となっている。

【0041】このm次オールパスフィルタを用いる残響音生成部により生成される残響音の特性は、残響音の遅延時間が周波数によって異なる特性となっているため、この残響音生成部により生成される残響音は時間的に密となる。

【0042】図8に、例えば8次のオールパスフィルタを用いる残響音生成部により得られる時間応答特性を示す。図9に、この8次のオールパスフィルタを用いる残響音生成部の周波数応答特性を示すが、その周波数応答特性は従来の残響音生成装置が有する前述の図15に示した特性が周波数等間隔にピークの周波数値を有しているのとは異なり、不等間隔なピーク周波数点を有する特性となっている。

【0043】このようにして構成される残響音生成部の遅延回路部は、オールパスフィルタが多段に縦続接続される構成となっており、その縦続接続されたオールパスフィルタ群の遅延時間はオールパスフィルタの次数mによって、そして位相遅延の周波数特性はワーピングパラメータ $\lambda$ によって決められるようになっている。

【0044】そしてここに示した例では、mの値を8に設定したときの特性であるが、実際には更に大きなmの値を用いてオールパスフィルタ群を構成するが、このようにして生成される残響音は、上述のような特性により、聴感上自然な感じの音質による残響音を生成することが可能となる。

【0045】図10は、このようにして構成される残響音生成部のオールパスフィルタ群を $D_m(z)$ として示したブロック図である。同図において、オールパスフィルタ群 $D_m(z)$ からの信号が供給される低域通過フィルタ(LPF)は、残響音の空気減衰特性を与えるローパスフィルタであり、また増幅器の側に記されるgは、供給される信号が巡回されつつ生成される残響音の生成に関するフィードバックゲインを与える係数であり、この増幅器の利得は実現しようとするホールの残響音の減衰特性にあわせて設定されることになる。

【0046】そして、その残響音の減衰は、高音域成分の場合ホールの壁や空気による音エネルギーの吸収のため減衰が速いのに対し低域周波数成分の減衰は遅いため、この高音域における音波の減衰を考慮し、オールパスフィルタの後に空気減衰特性に対応させたローパスフィルタが挿入されている。

【0047】ただし、残響音の生成装置においては低域周波数成分の遅延時間特性が重要であり、仮に空気減衰のためのローパスフィルタがなくても十分機能を果たすような場合は、このローパスフィルタは必ずしも必要ではなく、省略した構成とすることもできる。

【0048】このようにして、オールパスフィルタ群を用いる残響音生成装置、ないしは残響音付加装置が実現

10

20

30

40

50

できるが、この構成を応用した第2の残響音付加装置の構成例について次に述べる。

【0049】図11は、残響音付加装置の第2実施例に関する構成であり、説明する。前述の第1の実施例では、供給される2つのチャンネルのステレオ信号を加算合成して得られるモノラル信号に対して残響音を生成していたが、この第2実施例の場合は、供給される2チャンネルのそれぞれの信号に対する残響音信号生成部を設け、それぞれのチャンネルの音響信号に対してそれぞれの残響音信号を生成し、個別に音響信号に付加する例である。

【0050】第2実施例における残響信号の生成は、基本的には第1実施例と同様であり、第1実施例で述べた残響音生成部を2系統用いている。そして、一方の残響音生成部の遅延部25 ( $D_{11}(z)$ ) と、他方の残響音生成部の遅延部26 ( $D_{12}(z)$ ) のそれぞれのオールパスフィルタの次数は、それぞれが  $m_1$ 、 $m_2$  のように異なる値が使用され、またワーピングパラメータも、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  のように異なる値に設定されている。

【0051】この様にして、それぞれのオールパスフィルタ、及びそれぞれの低域通過フィルタを通過して得られる信号はフィードバックマトリクス37に供給される。このフィードバックマトリクス37では、 $g_{11}$ 、 $g_{21}$ 、 $g_{12}$ 、 $g_{22}$  の利得を有するそれぞれの増幅器で増幅され、異なるチャンネルの残響音は加算器により加算合成されて後、加算器23、24により加算されるような構成とされている。

【0052】このようにして、第2実施例により生成される残響信号は、異なる次数、異なるワーピングパラメータを用いて生成された残響音が、フィードバック量の異なるフィードバックマトリクス回路を介してそれぞれの残響音を混合するように作用するため、このようにして生成される残響音信号は一層不規則的であり、特定の音色の癖を持たない残響音を生成することができ、その残響音を付加した残響音付加信号を生成することができる。

#### 【0053】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、残響音を生成するために供給される音響信号を一時記憶して、遅延するため大容量の信号蓄積ステップを用いず、小容量の信号蓄積ステップを用いて構成するオールパスフィルタを複数段用いることにより、音声信号を遅延させた信号を得ることができるため、少ないメモリ領域しか持たない、例えばDSPなどによるハードウェア環境下においても十分長い遅延時間を有し、且つ複数ステップあるオールパスフィルタの特性を異ならせることにより高い残響音密度を持つ残響音生成方法を経済的に実現できる効果がある。

【0054】そして、請求項2記載の発明によれば、残響音を生成するために供給される音響信号を一時記憶し

て、遅延するため大容量のメモリ回路を用いず、小容量のメモリ回路により構成するオールパスフィルタを複数段用いることにより、音声信号を遅延させた信号を得ることができるため、少ないメモリ領域しか持たない、例えばDSPなどによるハードウェア構成によって十分長い遅延時間を有し、且つ複数段あるオールパスフィルタの特性を異ならせることにより高い残響音密度を持つ残響音生成装置を経済的に構成できる効果がある。

【0055】また、請求項3記載の発明によれば、残響音を生成するために供給される音響信号を一時記憶して、遅延するため大容量のメモリ回路を用いず、小容量のメモリ回路により構成するオールパスフィルタを複数段用いることにより、音声信号を遅延させた信号を得ることができるため、少ないメモリ領域しか持たない、例えばDSPなどによるハードウェア構成によって十分長い遅延時間を有し、且つ複数段あるオールパスフィルタの特性を異ならせることにより高い残響音密度を持つ残響音を生成することができるため、前述の供給される音響信号に、この様にして生成された残響音を付加することによりその音響信号に残響音を付加した信号を生成する残響音付加装置を経済的に構成できる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る残響音付加装置の概略ブロック図である。

【図2】本発明の第1実施例に係る一次オールパスフィルタの構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1実施例に係るオールパスフィルタの伝達関数を示したものである。

【図4】本発明の第1実施例に係る  $m$  次オールパスフィルタの位相周波数特性を示す図である。

【図5】本発明の第1実施例に係る  $m$  次オールパスフィルタの位相遅延周波数特性を示す図である。

【図6】本発明の第1実施例に係る  $m$  次オールパスフィルタの構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第1実施例に係る  $m$  次オールパスフィルタを用いる残響音付加部の構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第1実施例に係る残響音付加部のインパルス応答を示す図である。

【図9】本発明の第1実施例に係る残響音付加部の周波数応答特性を示す図である。

【図10】本発明の第1実施例に係る空気減衰を考慮した低域通過フィルタを含む残響音付加部の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の第2実施例に係る残響音付加装置のブロック図である。

【図12】従来方式の残響音付加部の構成について説明するための図である。

【図13】従来方式の残響音付加装置の動作を説明するための伝達関数を示したものである。

【図14】従来方式の残響音付加部の極の分布をモデル的に示した図である。

【図15】従来方式の残響音付加部の周波数応答特性を示した図である。

【図16】従来方式の残響音付加部のインパルス応答特性を示した図である。

【図17】従来方式の残響音付加部を並列接続して構成した場合のブロック図である。

【図18】従来方式の並列接続した残響音付加部のインパルス応答特性を示した図である。

【符号の説明】

\* 1, 2, 2.1, 2.2 信号入力端子

3, 5, 2.3, 2.4, 5.1, 5.2 加算器

4, 9, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 5.3, 5.4, 5.5,

5.6 増幅器

6, 2.6, 2.6 遅延フィルタ

7, 2.7, 2.8 低域通過フィルタ

8 所定利得増幅器

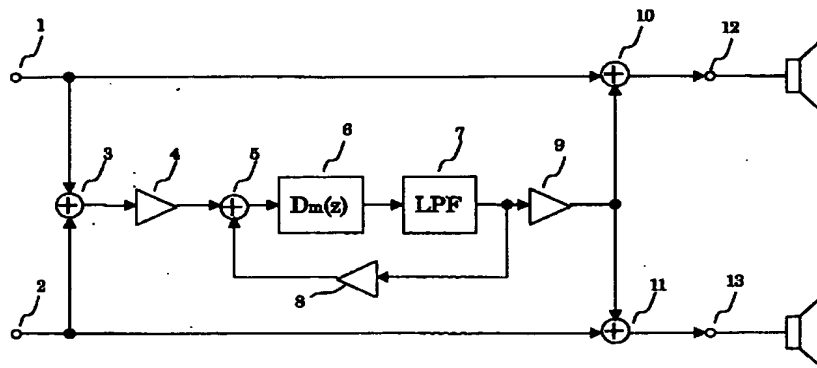
10, 1.1, 3.9, 4.0 信号付加器

1.2, 1.3, 4.1, 4.2 信号出力端子

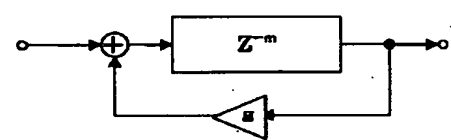
10 3.7 フィードバックマトリクス

\*

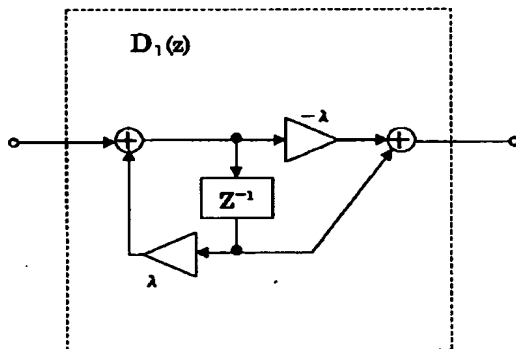
【図1】



【図12】



【図2】



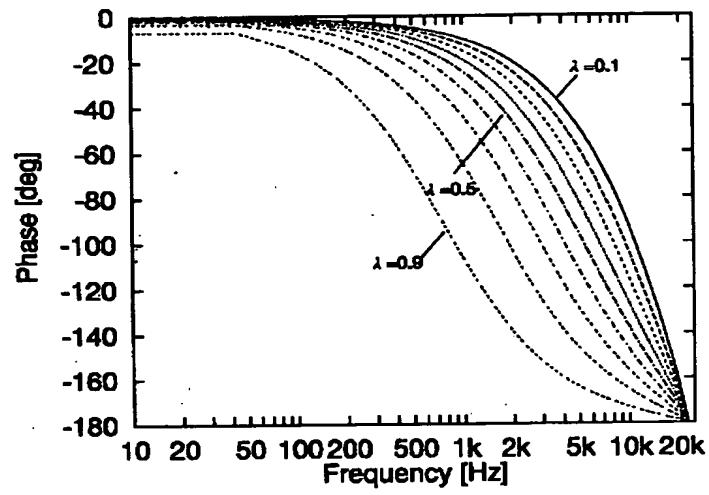
【図3】

$$D_1(z) = \frac{z^{-1} - \lambda}{1 - \lambda z^{-1}} \quad (0 < \lambda < 1) \quad \text{式(4)}$$

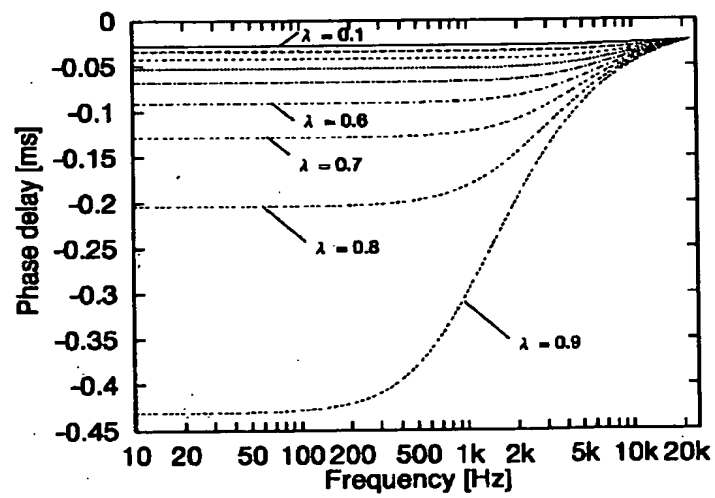
$$D_m(z) = \left( \frac{z^{-1} - \lambda}{1 - \lambda z^{-1}} \right)^n \quad (0 < \lambda < 1) \quad \text{式(5)}$$



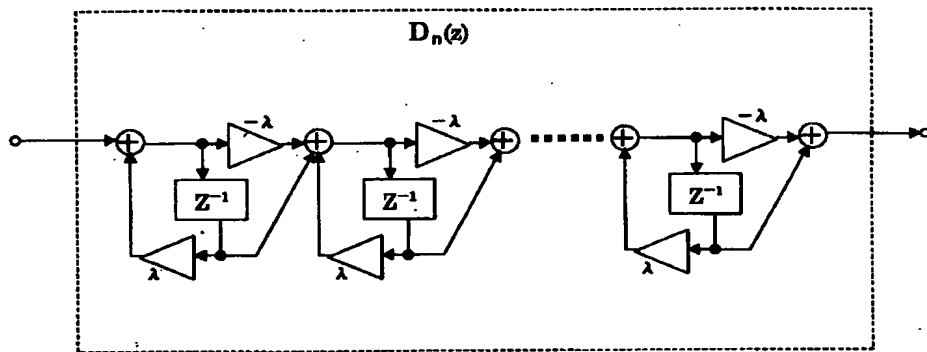
【図4】



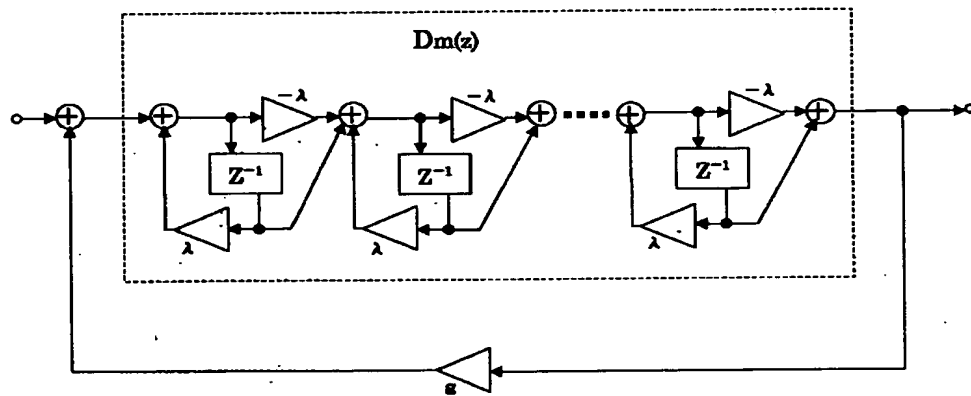
【図5】



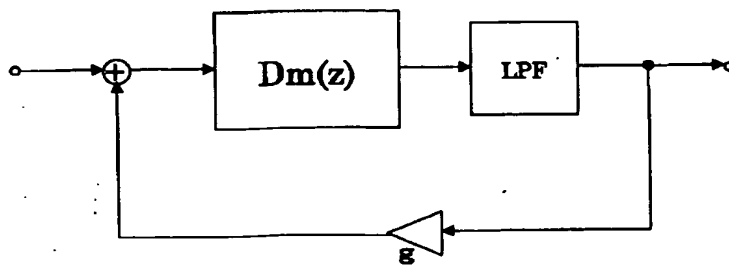
【図6】



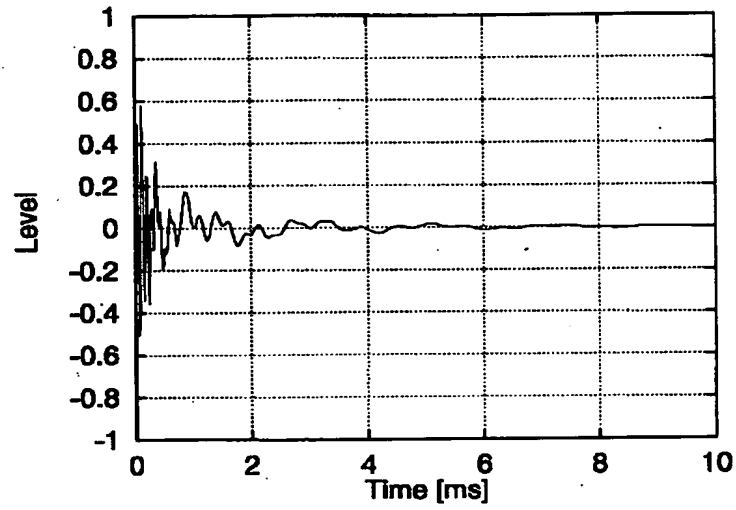
【図7】



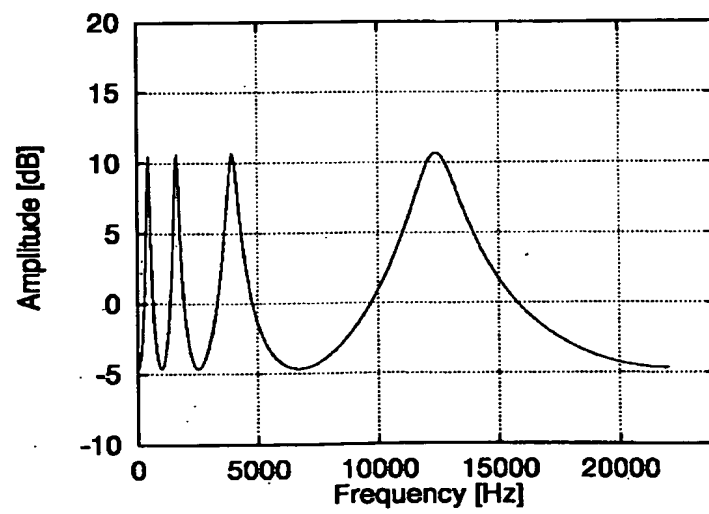
【図10】



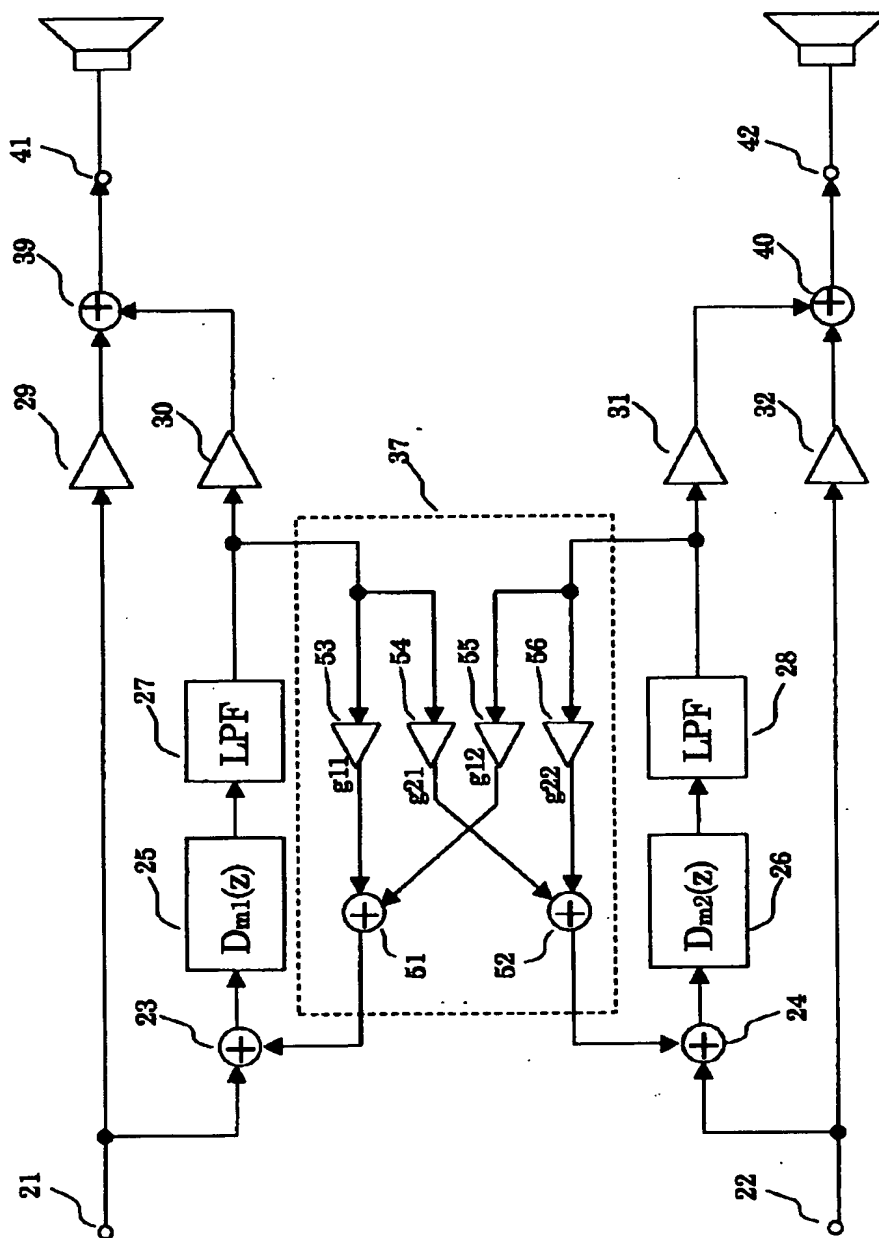
【図8】



【図9】



【図11】



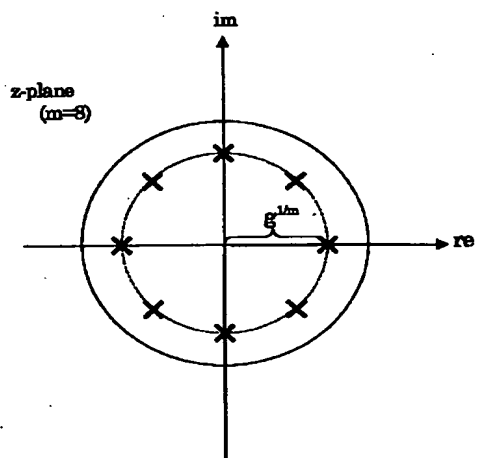
【図13】

$$H(z) = \frac{1}{z^m - g} \quad \text{式 (1)}$$

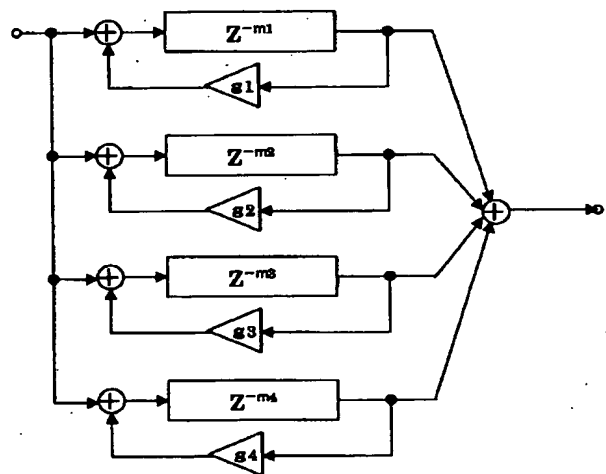
$$g^m e^{j \frac{2\pi k}{m}} \quad \text{式 (2)}$$

$$h(n) = \sum_{k=0}^{m-1} g^k \delta[n - m(k+1)] \\ = \delta(n-m) + g\delta(n-2m) + g^2\delta(n-3m) + \dots \quad \text{式 (3)}$$

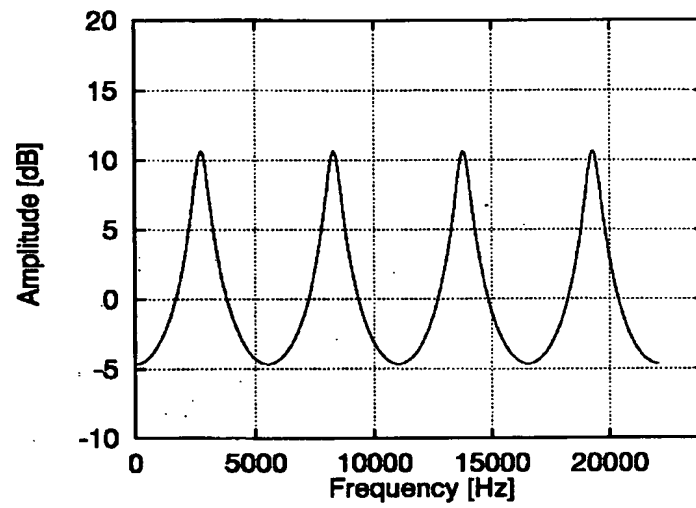
【図14】



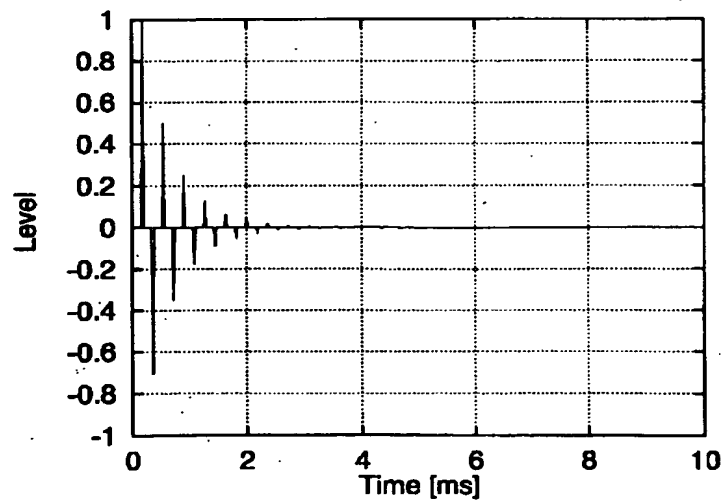
【図17】



【図15】



【図16】



【図18】

